

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 43 08 082 A1

⑯ Int. Cl. 5:

G 01 B 11/02

G 01 D 5/26

G 06 F 15/66

⑯ Anmelder:

Kleemann, Gerhard, Dr., 98693 Ilmenau, DE; Rauer, Steffen, Dr., 98693 Ilmenau, DE

⑯ Vertreter:

Liedtke, K., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 99094 Erfurt

⑯ Erfinder:

gleich Anmelder

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 38 24 820 C2

DE 37 31 531 C2

DE 34 32 649 C2

DE 40 07 502 A1

DE 32 35 492 A1

DD 2 08 858

DD 2 01 500

GB 21 36 954 A

GB 15 36 022  
US 51 49 980  
SU 17 39 244 A1  
SU 16 91 856 A1

WOSCHNI, H.G.;  
KRAMER, H.: Erweiterung der Auf- lösungsgrenze von Längenmeßsystemen mit CCD-Zeile. In: Feingerätetechnik, Berlin 35, 1986, 9, S. 403-405;

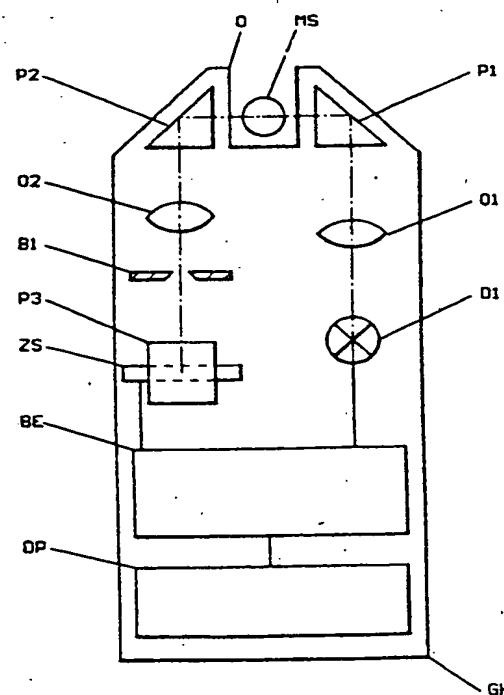
WOSCHNI, H.G.;  
REINSCH, A.: Verfahren zur Lagebestimmung einer optisch wirksamen Struktur mit einer CCD-Zeile. In: Feingerätetechnik, Berlin 33, 1984, 5, S. 219-222;  
BARKE, Erich: Vergleich einfacher Verfahren zur Kantenerkennung in Videosignalen. In: tm Technisches Messen 48.Jg., 1981, H.5, S. 165-169;

⑯ Verfahren und Einrichtung zur optischen Messung von Objekten in einer Ebene

⑯ Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die auch für flächenhafte Sensoren geeignet sind und die mit einfachen Maßnahmen realisiert werden können. Erfindungsgemäß gelingt die Lösung der Aufgabe dadurch, daß folgende Verfahrensschritte in einem Rechner ausgeführt werden:

- Ermitteln einer Lauflängencodierung,
- Falten der Originalhelligkeitsfunktion mit einer einem Tiefpaß entsprechenden Übertragungsfunktion und
- Ermitteln des Schnittpunktes von Originalfunktion und gefilterter Funktion.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur optischen Messung von Objekten in einer Ebene, bei dem das Objekt auf einen lichtempfindlichen Bildpunkte enthaltenden Sensor, vorzugsweise auf eine CCD-Matrix, abgebildet wird und bei dem das optische Signal sequentiell nach AD-Wandlung einem Rechner zugeführt wird.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07.94 408 037/433

8/33

DE 43 08 082 A1

DE 43 08 082 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur optischen Messung von Objekten in einer Ebene, bei dem das Objekt auf einen lichtempfindliche Bildpunkte enthaltenden Sensor, vorzugsweise auf eine CCD-Matrix, abgebildet wird und bei dem das optische Signal sequentiell nach AD-Wandlung einem Rechner zugeführt wird.

Nach dem Stand der Technik ist es bekannt, Objekte, deren geometrischen Bestimmungsstücke ermittelt werden sollen, berührungslos abzutasten. Es ist hierbei bekannt, mit Hilfe eines optischen Meßsystems ein Objekt auf die Oberfläche eines Sensors abzubilden, der über lichtempfindliche Bildpunkte verfügt. Die zu ermittelnde Lage der Objektkante wird in diesem Abbild durch einen Hell-Dunkel-Übergang repräsentiert. Dabei korrespondiert die Stelle im Helligkeitsverlauf mit einem Helligkeitswert von 50% der Maximalhelligkeit mit der zu ermittelnden Lage der Objektkante. Dieser Punkt ist zugleich Wendepunkt des Helligkeitsverlaufes. Zur Bestimmung dieses Punktes ist es nach dem Stand der Technik bekannt, den Kurvenverlauf mit einem Schwellwert, der 50% der Maximalhelligkeit entspricht, zu vergleichen. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß Helligkeitsschwankungen des Beleuchtungssystems zu Meßfehlern führen.

Gemäß DE-OS 31 23 703 sind ein Verfahren und eine Anordnung bekannt, bei dem durch sequentielle Abtastung des Bildes der Helligkeitsverlauf bestimmt und die erste und zweite Ableitung ermittelt wird, um dadurch den Wendepunkt des Helligkeitsverlaufes zu bestimmen, der mit dem gesuchten Bildort übereinstimmt. Diesem Verfahren haften die Nachteile an, daß es durch die hardwaremäßige Realisierung für flächenhafte Sensoren ungeeignet ist und daß zur Ermittlung von Subpixelwerten, also zur Erhöhung der Genauigkeit über den durch den Pixelabstand der verwendeten CCD-Kamera gegebenen Wert hinaus, die Abtastfrequenz um ein n-faches höher als die Pixelfrequenz liegen muß. Dies erfordert den Einsatz von AD-Wandlern mit sehr hohen Umsetzraten. Bei den im Stand der Technik bekannten Verfahren werden zur Bestimmung des Wendepunktes der Hell-Dunkel-Flanke, bedingt durch die Digitalisierung der Pixel, Geradenstücke unterschiedlicher Steigung ausgewertet. Diese Steigungen können im quasilinearen Bereich der Hell-Dunkel-Flanke in ihrer Steilheit schwanken. Dies hat größere Unsicherheiten bei der Subpixelberechnung zur Folge. In der Regel muß vorher eine Tiefpaßfilterung durchgeführt werden.

Erschwerend ist weiterhin, daß die Flankenrandbereiche oft mit optischen Störeffekten, wie Reflexionen an der Meßobjektoberfläche, Randabschattungen und ähnlichen, überlagert sind, wodurch Ungenauigkeiten bei der Wendepunktbestimmung hervorgerufen werden.

Bei Transportvorgängen aller Art, in denen ein Teilestrom erzeugt, weitergeleitet oder einer Weiterverarbeitungseinheit zugeführt werden muß, sind eine Reihe von Überwachungsaufgaben erforderlich. Dabei ist es mitunter notwendig, festzustellen, ob dieser Teilestrom vorhanden ist, es müssen Teile gezählt oder Fremdteile ausgesondert werden. Ferner besteht oft die Notwendigkeit, die Teile auf Einhalten eines Funktionsmaßes zu überprüfen oder die Teile einer Montageeinrichtung laufgerichtet zuzuführen.

Die im Stand der Technik hierzu bekannten berührungslos messenden optischen Anordnungen besitzen

separate Teile für Strahlungsquelle und Empfänger sowie einen gesonderten Teil für die Ansteuer- und Auswertelektronik. Diese bekannten Anordnungen sind deshalb nur für stationären Einsatz geeignet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die auch für flächenhafte Sensoren geeignet sind und die mit einfachen Maßnahmen realisiert werden können.

Erfundungsgemäß gelingt die Lösung der Aufgabe dadurch, daß folgende Verfahrensschritte in einem Rechner ausgeführt werden:

- Ermitteln einer Lauflängencodierung,
- Falten der Originalhelligkeitsfunktion mit einer einem Tiefpaß entsprechenden Übertragungsfunktion und
- Ermitteln des Schnittpunktes von Originalfunktion und gefilterter Funktion.

Bei einem im Stand der Technik bekannten Verfahren wird die Faltung hardwaremäßig ausgeführt. Dies bedingt eine Phasenverschiebung zwischen Originalfunktion und tiefpaßgefilterter Funktion und führt damit zu Meßfehlern. Durch die erfundungsgemäße softwaretechnische Verarbeitung der beiden Funktionen gelingt es, diese Phasenverschiebung zwischen Originalfunktion und tiefpaßgefilterter Funktion zu vermeiden. Wählen bei dem im Stand der Technik bekannten Verfahren nur eine zeilenweise Abtastung des Meßobjektes möglich ist, ermöglicht das erfundungsgemäße Verfahren auch den Einsatz einer Matrix.

Von besonderem Vorteil ist bei dem erfundungsgemäßen Verfahren weiterhin, daß durch Helligkeitsschwankungen hervorgerufene Meßfehler vermieden werden und daß der sich als Schnittpunkt zweier Funktionen ergebende Meßpunkt mit einer höheren Genauigkeit ermittelt werden kann als es der Ortsauflösung des Sensors entspricht.

Eine weiterer Vorteil des erfundungsgemäßen Verfahrens ergibt sich dadurch, daß zur Ermittlung der für die Messung interessierten Punkte eine Lauflängencodierung durchgeführt wird und nur der Helligkeitsverlauf interessanter Punkte ausgewertet wird. Damit ist eine Geschwindigkeitssteigerung möglich. Die interessanten Punkte können vorher durch eine hard- oder softwareseitige Lauflängencodierung ermittelt werden.

Das erfundungsgemäße Verfahren ist leicht im Mikrorechner realisierbar und kann zur Geschwindigkeitssteigerung optimiert werden.

Ferner ist es möglich, daß die Originalhelligkeitsfunktion mit einem Tiefpaß schwach gefiltert wird.

Damit gelingt es, den Einfluß des Rauschens und der unterschiedlichen Pixelempfindlichkeiten zu reduzieren.

Die erfundungsgemäße Einrichtung zur Anwendung des Verfahrens entsteht dadurch, daß in einem Gehäuse eine Strahlungsquelle, vorzugsweise eine Infrarotdiode, und ein Abbildungsobjektiv zur Beleuchtung des Meßobjektes angeordnet sind, daß im Strahlengang hinter dem Meßobjekt eine zweites Objektiv und ein Sensor angeordnet sind und daß die Bildverarbeitungseinheit zur softwaretechnischen Auswertung des Meßsignals ein Mikroprozessor ist, der gemeinsam mit einem Display im Gehäuse angeordnet ist.

Weitere vorteilhafte Weiterentwicklungen der erfundungsgemäßen Anordnung sind in den Ansprüchen 5 bis 8 angegeben.

Die erfundungsgemäße Meßeinrichtung kann so aus-

gestaltet werden, daß die Kompaktheit und Universalität einer Lichtschranke mit der Leistungsfähigkeit eines optischen Meßsystems in einer Anordnung vereint sind. Durch den Einsatz der erfundungsgemäßen Meßeinrichtung wird es möglich, Transport-, Ordnungs- und Sortierprozesse zu überwachen und optimal zu gestalten.

Die erfundungsgemäße Einrichtung gestattet es beispielsweise, mit einfachen Mitteln Teile eines Teilstromes sicher voneinander zu trennen und damit exakt zu zählen, die Lage des vorbei strömenden Teiles zu erkennen und so einfache Ordnungsvorgänge auszulösen oder das Teil zu identifizieren und so von fremden Teilen zu unterscheiden.

Eine zweckmäßige Ausführung der erfundungsgemäßen Einrichtung sieht vor, das Zählergebnis auf einem LCD-Display darzustellen.

Die erfundungsgemäße Meßeinrichtung wird vorteilhaft zur berührungslosen Bestimmung geometrischer Daten von kleinen Objekten, wie beispielsweise Drähten, Fäden, Folien, Papierbändern, Blechen und dergleichen eingesetzt. Die kompakte Bauweise der erfundungsgemäßen Anordnung ermöglicht eine optimale Einpassung in Montage und Fertigungssysteme ohne jeglichen Justageaufwand. Dabei ist es sowohl möglich, die erfundungsgemäße Einrichtung als Bildschranke einzusetzen oder mit geringem Aufwand als Meßgerät zu verwenden.

Als weitere Vorteile sind besonders die Fremdlichtunabhängigkeit und Temperaturstabilität sowie der geringe Aufwand bei der Herstellung hervorzuheben. Bei der Anwendung erweist es sich als vorteilhaft, daß keine feste Bezugslage zwischen Meßsystem und Meßobjekt erforderlich ist.

Die Erfindung soll im folgenden anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 Ein Blockschaltbild für die Anwendung des erfundungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 Eine schematische Darstellung der erfundungsgemäßen Anordnung als Handmeßgerät.

Fig. 3 Eine Anordnung mit doppelter Ausführung der optischen Bauteile.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Schaltungsanordnung wird das Meßobjekt 2 von der Beleuchtungseinrichtung 3 beleuchtet. Der Sensor 1 ist mit dem Taktgeber 4 und dem Videoverstärker 5 verbunden, deren Ausgänge ihre Signale an die Zählerausgänge 7 und die AD-Wandlereingänge 8 der Recheneinheit 11 zuführen. Die Recheneinheit 11 ist mit der Takt- und Resetlogik 10 sowie der Stromversorgung 12 verbunden. Über die Pulsweitenausgänge 9 wird die Beleuchtungseinrichtung 3 gesteuert. An der Recheneinheit 11 befinden sich der Programmspeicher 13 und der Arbeitsspeicher 14, die mit den seriellen Ein-/Ausgängen 15, den digitalen Eingängen 16 und den digitalen Ausgängen 17 verbunden sind. Die seriellen Ein- und Ausgänge 15 sind mit der ASCII-Schnittstelle 18, die digitalen Eingänge 16 mit dem Tastern 19 und den Triggereingängen 21 und die digitalen Ausgänge 17 sind mit den Anzeigen 20 und den Schaltungsausgängen 22 verbunden.

Fig. 2 erläutert den mechanischen Aufbau der erfundungsgemäßen Anordnung in einem Handgerät.

Das Gehäuse GH weist an einem Ende eine maulförmige Öffnung O auf, in die das Meßobjekt MS eingeführt werden kann. Das Meßobjekt MS wird berührungslos abgetastet. Die Infrarotdiode D1 beleuchtet das Meßobjekt MS über das erste Objektiv O1 und ein erstes Prisma P1. Das Meßobjekt MS wird mittels eines

zweiten Prismas P2, eines zweiten Objektivs O2, einer Blende B1 und eines dritten Prismas P3 auf den Sensor ZS abgebildet. Die Auswertung der von dem Sensor ZS erzeugten Signale erfolgt mittels der Bildverarbeitungseinrichtung BE, die einen Mikrorechner enthält und die softwaremäßige Verarbeitung der Signale ausführt. Das Ergebnis wird am Display DP angezeigt.

Bei der in Fig. 3 dargestellten erfundungsgemäßen Anordnung sind die Infrarotdiode D1, die Objektive O1 und O2, die Prismen P1 bis P3, die Blende B1 und der Sensor ZS jeweils doppelt angeordnet. Diese Anordnung bietet die Möglichkeit, flächenhafte Meßobjekte zu prüfen, wobei eine definierte Relativlage des Meßobjektes gegenüber dem Meßgerät nicht erforderlich ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur optischen Messung von Objekten in einer Ebene, bei dem das Objekt auf einen lichtempfindliche Bildpunkte enthaltenden Sensor, vorzugsweise auf eine CCD-Matrix, abgebildet wird und bei dem das optische Signal sequentiell nach AD-Wandlung einem Rechner zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Verfahrensschritte ausgeführt werden:

- Ermitteln einer Laufängencodierung,
- Falten der Originalhelligkeitsfunktion mit einer einem Tiefpaß entsprechenden Übertragungsfunktion und
- Ermitteln des Schnittpunktes von Originalfunktion und gefilterter Funktion.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Originalfunktion mit einer symmetrischen Funktion gefaltet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Originalhelligkeitsfunktion mit einem Tiefpaß schwach gefiltert wird.

4. Einrichtung zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bestehend aus einem Sensor, vorzugsweise einem CCD-Empfänger, einer Beleuchtungseinrichtung und einer Bildverarbeitungseinheit, dadurch gekennzeichnet, daß

- in einem Gehäuse (GH) eine Infrarotdiode (D1) und ein Abbildungsobjektiv (O1) zur Beleuchtung des Meßobjektes (MS) angeordnet sind,
- im Strahlengang hinter dem Meßobjekt (MS) eine zweites Objektiv (O2), und ein Sensor (ZS) angeordnet sind und
- die Bildverarbeitungseinheit (BE) zur softwaretechnischen Auswertung des Meßsignals ein Mikroprozessor ist, der gemeinsam mit einem Display (DP) im Gehäuse (GH) angeordnet ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Einrichtung in kompakter Bauweise als Handmeßgerät ausgeführt ist,
- sich an einer Seite des Gehäuses (GH) eine maulförmige Öffnung (O) befindet, in die das Meßobjekt (MS) eingebracht werden kann,
- das Meßobjekt (MS) mit Hilfe der Infrarotdiode (D1) über ein Abbildungsobjektiv (O1) und ein Umlenksystem, vorzugsweise über ein Umlenksystem (P1) beleuchtet wird und
- im Strahlengang hinter dem Meßobjekt (MS) eine weitere optische Umlenkeinrich-

tung, eine abbildende Optik, eine Blende (B1) und ein Sensor (ZS) angeordnet sind.

6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Infrarotdiode (D1) impuls-  
gesteuert ist.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildverarbei-  
tungseinheit (BE) einen Einchipmikrorechner ent-  
hält und die elektronischen Schaltelemente als  
Treiberstufen ausgebildet sind.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Infrarotdiode (D1), die optischen Elemente und der Sensor (ZS) doppelt angeordnet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

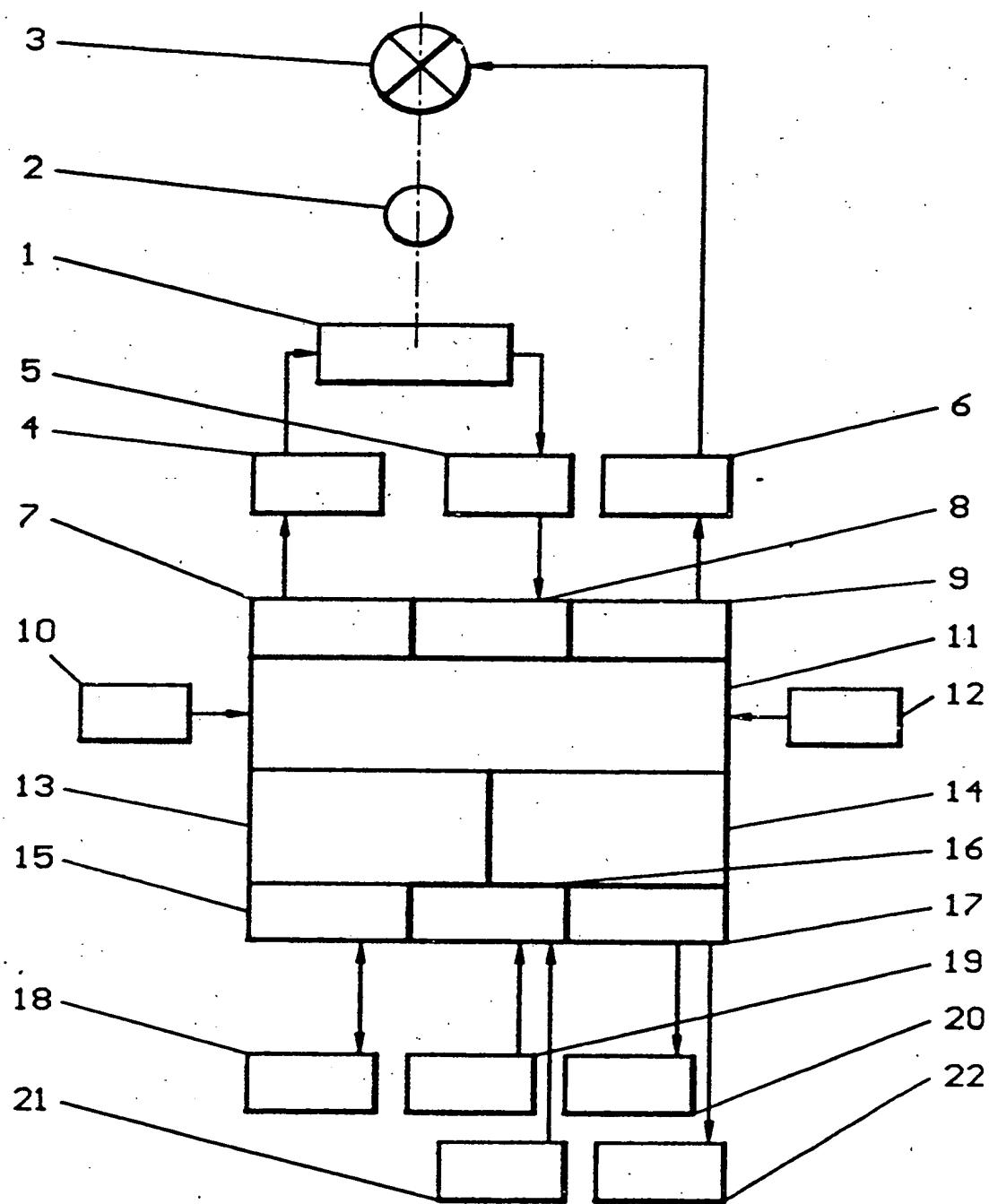


Fig. 1

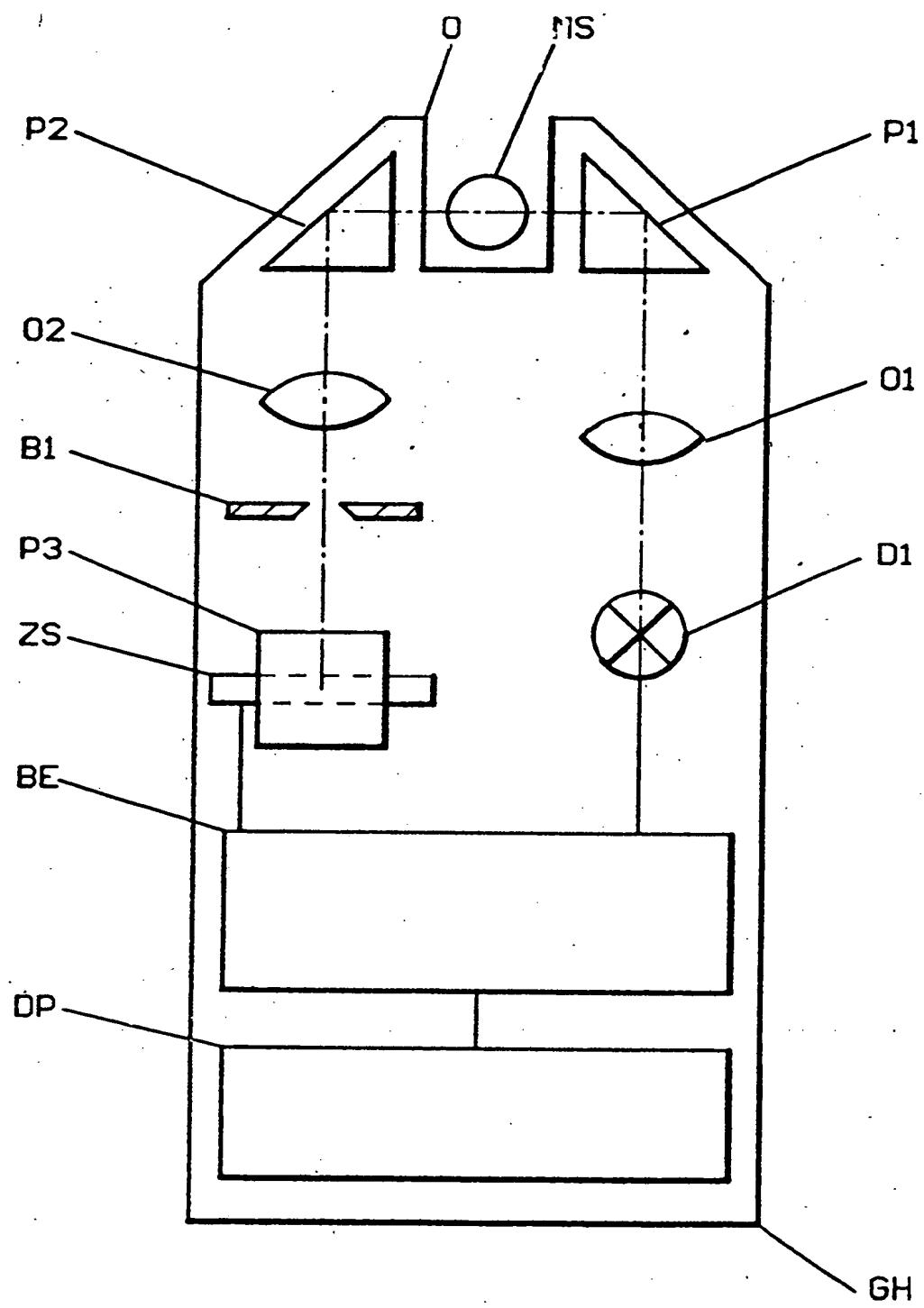


Fig. 2

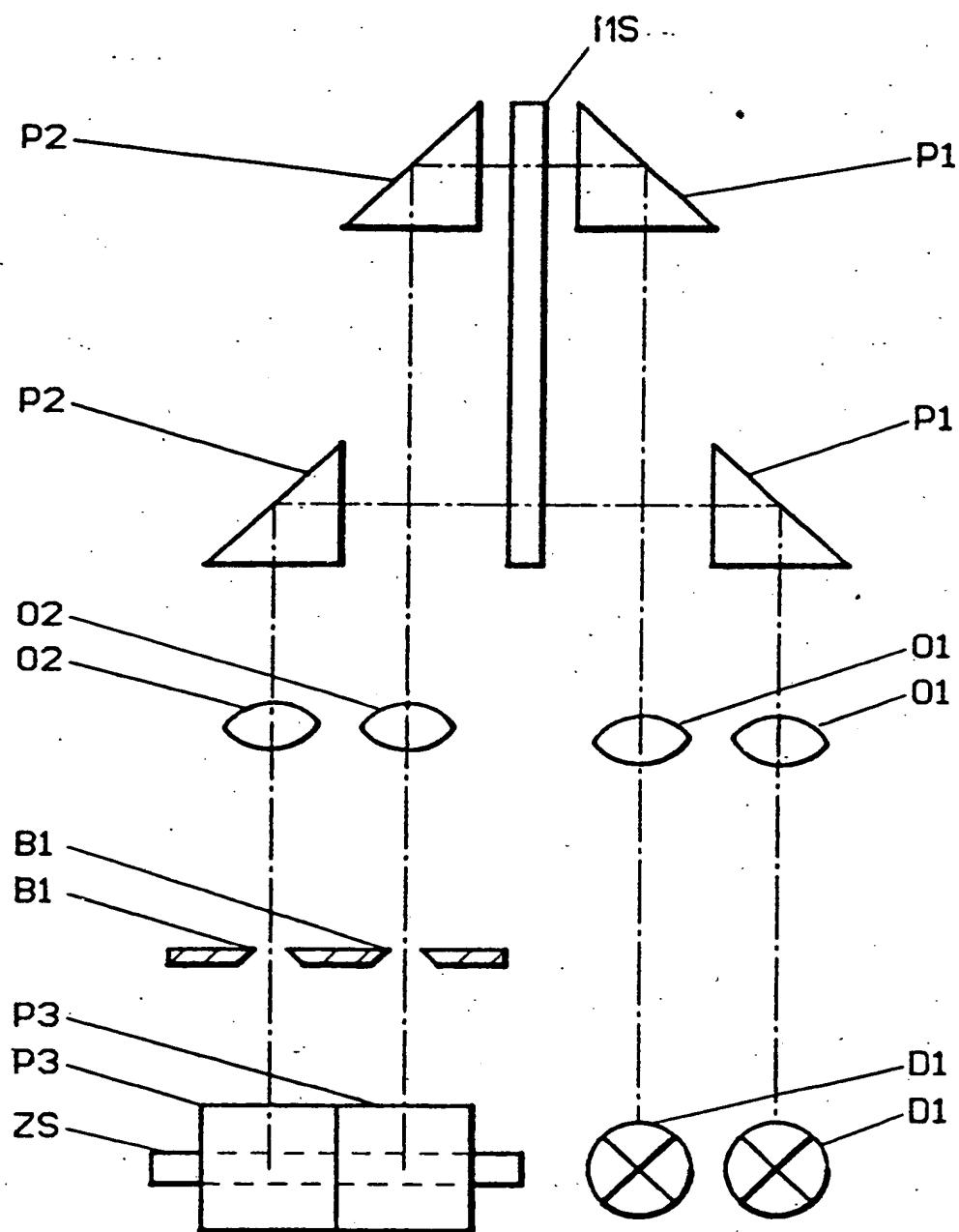


Fig. 3